



Pengolahan Air Limbah Non Kakus Permukiman Menggunakan Lahan Basah Buatan Sebagai Pilihan Layanan Dasar Lingkungan Perkotaan

M.F. Haryani¹, R. Hadisoebroto² dan M.H. Aryantie³

^{1,2} Teknik Lingkungan, Fakultas Arsitektur Lanskap dan Teknologi Lingkungan, Universitas Trisakti, Jakarta Barat, Indonesia.

³ Pusat Penelitian dan Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan, Tangerang Selatan, Indonesia

E-mail: rositayanti@trisakti.ac.id

Abstrak. Layanan dasar yang diselenggarakan pemerintah daerah di bidang sanitasi lingkungan salah satunya adalah pengelolaan air limbah. Air limbah non kakus adalah air buangan yang berasal dari kegiatan rumah tangga yang sebagian besar masuk ke saluran drainase, yang seharusnya hanya berfungsi sebagai penyaluran air hujan. Penelitian ini menggunakan lahan basah buatan (Constructed Wetland) dengan sistem aliran bawah permukaan (Sub-Surface Flow-SSF) dengan tanaman akar wangi, lili paris, dan kana untuk mengolah air limbah non kakus yang mengalir melalui saluran drainase. Tanaman ini dapat mengurangi polutan yang terdapat pada air limbah non kakus dan mudah diperoleh. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas lahan basah buatan dalam mengolah air limbah non kakus dengan sistem aliran air vertikal. Parameter yang disisihkan diantaranya yaitu BOD dan COD. Hasil uji laboratorium didapatkan bahwa efisiensi penyisihan BOD mendekati 40% dan COD mendekati 30%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa lahan basah buatan adalah cara yang cukup efektif dan mudah untuk menurunkan kadar BOD dan COD pada air limbah non kakus, sehingga air limbah domestik menjadi lebih aman jika harus dibuang ke badan air setempat.

Kata Kunci: BOD, COD, air limbah non kakus, permukiman, lahan basah buatan.

1. PENDAHULUAN

Layanan dasar perkotaan antara lain meliputi kesehatan dan lingkungan hidup (PP No. 38/2007). Masalah lingkungan khas perkotaan adalah pengelolaan limbah dan sanitasi (Bright-Davies, Lüthi, & Jachnow, 2015) termasuk di kawasan permukiman. Kebutuhan akan sistem pengolahan air limbah alternatif yang berbiaya rendah dalam hal investasi, operasi, dan pemeliharaan terutama di negara-negara berkembang, sudah lama tertunda. Sistem yang dibutuhkan haruslah sistem yang mudah didesentralisasi dan diperkecil. Sistem harus disesuaikan dengan iklim dan harus menggunakan teknologi sederhana dan keterampilan yang tersedia untuk konstruksi dan operasi dengan kemungkinan penggunaan ulang produk akhir (Okurut, 2000). Pengolahan dengan sistem rawa buatan atau lahan basah adalah salah satu opsi yang memenuhi kriteria ini (Mustafa, 2013; Bright-Davies et al., 2015; dan Aryantie, Purwati, Hadisoebroto, Pitalokasari, & Nugroho, 2018). Lahan basah buatan memperkenalkan aspek lain yang bermanfaat dari siklus nutrisi dan produksi ekosistem dalam proses keseluruhan, melalui hubungan simbiotik antara tanaman dan mikroorganisme terkait (Okurut, 2000 dan Aryantie et al, 2018)..

Dalam banyak situasi, lahan basah yang dibangun dapat dirancang untuk bergantung hampir sepenuhnya pada proses alami dan aliran gravitasi, sehingga menghemat energi dengan meminimalkan atau menghilangkan penggunaan pompa dan peralatan mekanis (Campbell & Ogden, 1999). Selain itu, perawatan yang diperlukan jauh lebih sedikit dibandingkan dengan sistem konvensional (Mustafa, 2013). Lahan basah buatan memiliki kemampuan bekerja dalam jangka waktu lama tanpa campur tangan manusia sama sekali (Campbell & Ogden, 1999). Karakteristik ini umumnya menempatkan lahan basah yang dibangun dalam kategori lanskap berkelanjutan, terutama karena kemampuannya untuk menyediakan beragam fungsi dan manfaat dengan biaya rendah (Mustafa, 2013) dan dengan dampak lingkungan yang rendah (Campbell & Ogden, 1999 dan Purwati, Aryantie, Harianja, & Hidayat, 2017).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui efektivitas lahan basah buatan dalam

mengolah air limbah domestik dan menganalisa ketepatan tanaman yang digunakan. Adapun maksud dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui efektivitas lahan basah buatan untuk mengurangi bahan pencemar air limbah jenis non kakus (*grey water*) yang ditinjau dari parameter BOD dan COD. Terdapat pula rumusan masalah dari penelitian ini yaitu apakah efektif pengolahan limbah non kakus menggunakan lahan basah buatan dan apakah tanaman akar wangi (*Vetiveria zizaniaodes*), lili paris (*Chlorophytum comosum*), dan kana (*Canna sp.*) dapat mengurangi kadar polutan dalam limbah non kakus.

Ruang lingkup dalam penelitian ini adalah : 1) melakukan analisis pengolahan limbah non kakus menggunakan lahan basah buatan, 2) Percobaan menumbuhkan tanaman dengan media air limbah di laboratorium, dan 3) Penataan ulang lahan basah buatan yang sudah ada. Penelitian ini hanya melakukan analisis pada ke efektifan lahan basah buatan dalam mengolah air limbah non kakus yang ditinjau dari parameter BOD dan COD.

2. TINJUAN PUSTAKA

2.1 Air Limbah Non Kakus

Air limbah non kakus merupakan bagian dari air limbah domestik yang proses pengalirannya tidak melalui toilet, misalnya seperti air bekas mandi, air bekas mencuci pakaian, dan air bekas cucian dapur. Sekitar 60-85% dari total volume kebutuhan air bersih akan menjadi limbah cair domestik (Tchobanoglous, 1991). Penanganan air limbah non kakus (*greywater*) di Indonesia saat ini adalah langsung dibuang ke saluran drainase tanpa pengolahan sebelumnya. Saluran drainase penyalur air hujan ini akan berujung di badan air permukaan.

Karakteristik air limbah non kakus pada umumnya banyak mengandung unsur nitrogen, fosfat, dan potassium (Lindstorm, 2000). Air limbah non kakus dapat digunakan sebagai sumber air untuk keperluan perkebunan dan pertanian karena air limbah non kakus mengandung senyawa-senyawa yang merupakan sumber nutrisi yang baik bagi tumbuhan, dan air limbah non kakus juga mengandung bakteri patogen yang lebih sedikit dan terdekomposisi lebih cepat dibandingkan air limbah kakus (*blackwater*)(Lindstrom, 2000).

2.2 Lahan Basah Buatan

Lahan basah adalah lingkungan peralihan. Dalam konteks spasial mereka bertautan antara lahan kering dan air terbuka. Di pantai, di sekitar danau pedalaman dan ketika tanah basah terbentang melintasi lanskap. Dalam konteks ekologi, lahan basah adalah antar-ekosistem antara ekosistem darat dan perairan. Dalam konteks temporal, sebagian besar daratan ditakdirkan untuk dipindahkan ke tanah kering sebagai akibat dari tabel air dengan kadar rendah, sedimentasi dan suksesi tanaman, atau untuk ditenggelamkan oleh naiknya tabel air yang terkait dengan kenaikan permukaan air laut relatif atau perubahan iklim. Lahan basah sering membentuk bagian dari rangkaian besar tipe komunitas, dan oleh karena itu sulit untuk menetapkan batasan. Akibatnya beberapa definisi yang cukup menggambarkan lahan basah dengan masalah definisi biasanya timbul pada lahan basah, menuju kondisi air lebih banyak atau lebih kering (Vymazal, 1995a).

Lahan basah buatan adalah sistem rekayasa yang telah didesain dan dibangun dengan memanfaatkan proses alamiah yang melibatkan tumbuhan, tanah, dan mikroba yang saling berhubungan untuk membantu pengolahan limbah cair. Ada dua jenis lahan basah buatan, yaitu jenis aliran permukaan (*Surface flow*) dan aliran bawah permukaan (*Sub Surface Flow*) (Setiyanto, Darundiati, dan Joko, 2016).

2.3 Tanaman

2.3.1 Kana (*Canna sp.*)

Tanaman kana merupakan salah satu jenis tanaman hias yang potensial untuk menyerap limbah. Tanaman ini memiliki warna bunga yang sangat beragam mulai dari warna tua, merah muda kuning, sampai dengan kombinasi warna. Karena keindahannya, maka tanaman kana dipergunakan sebagai

tanaman taman kota. Jenis ini mudah tumbuh di sekitar pekarangan dan sebagai tanaman hias. Tanaman ini adalah jenis yang tidak sulit dalam perawatannya, selain relatif dapat tumbuh di berbagai jenis tanah dan tahan menghadapi berbagai jenis cuaca, tanaman ini juga tidak memerlukan perlakuan khusus. Potensi tanaman kana sebagai penyerap limbah karena tanaman ini memiliki akar serabut, batang mengandung air yang mampu menyerap limbah secara alami (Hutubessy, Suarna, dan Astarini, 2012).

2.3.2 Lili Paris (*Chlorophytum comosum*)

Lili paris merupakan tanaman herba dengan batang menjalar, bulat, dan membentuk stolon, dan berwarna hijau kekuningan. Reproduksi lili paris dilakukan dengan generatif yakni perbanyakan dengan tunas yang keluar atau dengan vegetatif perbanyakan dengan pemisahan anakan. Lili paris berpotensi menyerap logam berat seperti cadmium (Cd) (Wang, Zhu, Yang, & Zhang, 2017) dan merkuri (Hg) (Liu, Wang, Zeng, & Al-Hamadani, 2015).

2.3.3 Akar Wangi (*Chrysopogon zizaniaodes*)

Tanaman akar wangi merupakan tanaman hiperakumulator logam yang memiliki sifat daya penyerapan atau akumulasi yang tinggi terhadap logam berat di jaringan tumbuhan. Selain itu, tanaman akar wangi memiliki sifat antara lain, tidak memerlukan persyaratan tumbuh khusus, dapat tumbuh dengan baik pada media yang sangat ekstrim, dan sistem perakarannya (Truong & Hart, 2001). Tanaman ini sangat toleran terhadap kekeringan dan banjir, embun beku, panas, pH tanah yang ekstrim, toksisitas Al dan Mn (Truong & Claridge, 1996; Truong & Baker, 1998; Truong, 1999).

3. METODE PENELITIAN

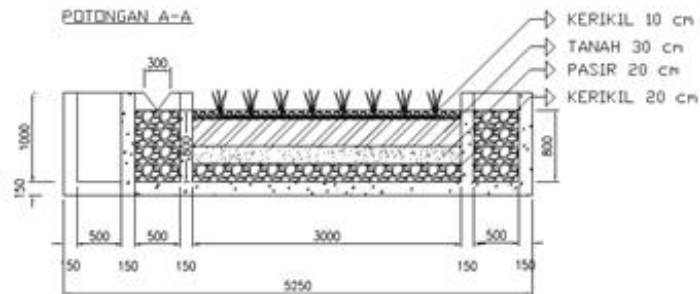
3.1 Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan bangunan yang sudah ada yang berada di Jalan H. Shibi, Kelurahan Srengseng Sawah, Kecamatan Jagakarsa, Jakarta Selatan. Air limbah yang didapatkan dari saluran drainase yang terdapat pada perumahan dekat dengan lahan basah buatan tersebut. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni sampai Agustus 2018. Penelitian dilaksanakan melalui dua tahap yaitu, penelitian awal yang dilaksanakan pada bulan Juni 2018 dan penelitian utama dilakukan pada minggu ke-3 dan ke-4 bulan Juli 2018, dan minggu ke-1 Agustus 2018. Analisis parameter kualitas air limbah dilaksanakan di Pusat Penelitian dan Pengembangan Kualitas dan Laboratorium Lingkungan (P3KLL), BLI-KLHK, Tangerang Selatan.

3.2 Alur Penelitian

3.2.1 Media Lahan Basah Buatan

Lahan basah buatan ini memiliki dimensi yaitu panjang 3 m, lebar 2 m, dan kedalaman 1,1 m. lahan ini memiliki susunan media berupa batu kali, saringan, pasir dan tanah yang masing-masing memiliki ketebalan diantara 20 cm sampai 30 cm, seperti terlihat pada Gambar 1. Ukuran tanaman yang ditanam di lahan basah buatan yaitu untuk tanaman jenis kana yaitu sekitar 10 cm sampai 20 cm, untuk tanaman jenis Akar Wangi yaitu 12 cm sampai 36 cm, dan untuk tanaman Lili Paris yaitu 6 cm sampai 11 cm, dengan penempatan penanaman seperti pada Gambar 2.



Gambar 1. Penampang Lahan Basah Buatan Di Ekoriparian Srengseng Sawah



Gambar 2. Susunan Tanaman Saat Penelitian Tahun 2018

3.2.2 Penelitian Awal

Penelitian awal dilakukan dengan proses aklimatisasi. Tanaman akar wangi, kana, dan lili paris diberi perlakuan berbeda dalam kurun waktu 7 sampai 14 hari. Pada tahap ini tanaman yang disediakan pada setiap jenis tanaman yaitu 24 buah dengan total keseluruhan tanaman yaitu 72 buah. Adapun perlakuan yang diberikan yaitu:

- 25% air limbah dan 75% air sumur
- 50% air limbah dan 50% air sumur
- 75% air limbah dan 25% air sumur
- 100% air limbah

Tujuan dilakukannya aklimatisasi adalah untuk mengadaptasi tanaman kontak dengan air limbah dan untuk mencegah *shock loading* maka dilakukan pentahapan pemberian air limbah. Tazkiaturrizki (2016) melakukan aklimatisasi selama 10 hari.

3.2.3 Penelitian Utama

Penelitian utama dilakukan pada Juni 2018. Sampel air diambil dari bak pengumpul pada saat pagi hari pukul 08.00 WIB. Hal ini didasarkan pada asumsi bahwa pada pagi hari terjadi aktivitas puncak penggunaan air bersih sekaligus puncak timbunan air limbah. Titik sampel air yang diambil yaitu pada bak *inlet* dan bak *outlet*. Sampel diambil menggunakan wadah, lalu dimasukkan ke dalam botol sampel yang dibawa ke laboratorium P3KLL untuk dianalisis. Parameter yang dianalisis yaitu BOD dan COD.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan sampel dilakukan selama 2 minggu. Total tanaman yang digunakan yaitu sebanyak 72 buah dengan jarak antar masing-masing tanaman yaitu 20 cm.

4.1 Analisis BOD

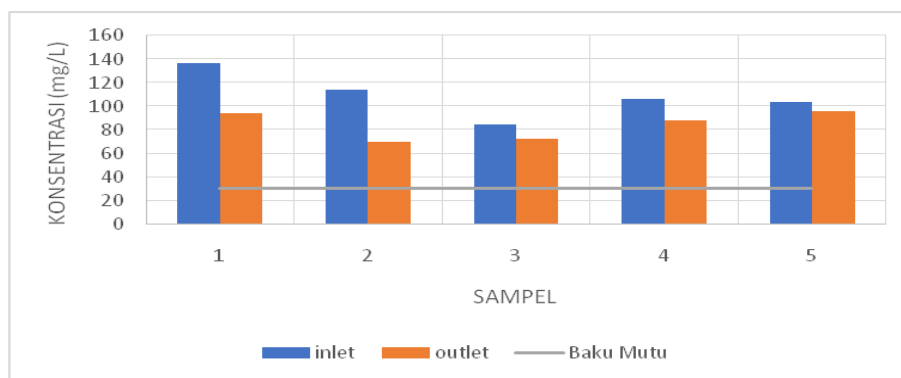
Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar pH pada kolom *inlet* dan *outlet* sebesar 6 sampai 7,97 dan memiliki suhu 25,8°C sampai 26°C di *inlet* dan 25,4°C sampai 26°C di *outlet*. Hasil analisis BOD dapat dilihat pada tabel 1 dan Gambar 3.

Konsentrasi BOD dalam air limbah non kakus pada penelitian ini mempunyai kadar yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan penelitian Vaet *al.* (2018) yang mengukur kadar BOD dalam air limbah non kakus pada kegiatan domestic pada perkantoran di Bandung, yaitu sebesar $40,55 \pm 16,9$ mg/L. Berdasarkan Tabel 1 dan Gambar 3, dapat dilihat bahwa nilai BOD pada *outlet* rata-rata belum memenuhi baku mutu air limbah domestik yaitu 30 mg/L. Pada hasil analisis ini tetap terjadi penurunan kadar BOD pada *outlet* dengan efisiensi penurunan antara 7,69% sampai dengan 38,60%.

Tabel 1 Hasil Analisis Parameter BOD

Sampel	Konsentrasi (mg/L)		Efisiensi (%)	Baku Mutu (mg/L)
	Inlet	Outlet		
1	137	94	31,39	30
2	114	70	38,60	30
3	85	73	14,12	30
4	106	88	16,98	30
5	104	96	7,69	30

Sumber : Aryantie et al., 2018



Gambar 3. Hasil Analisis BOD

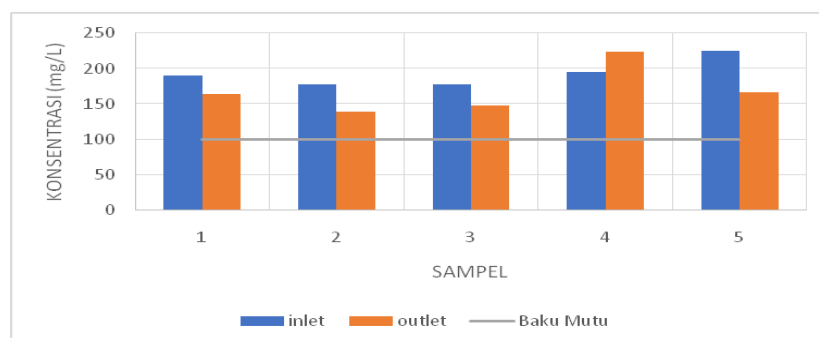
4.2. Analisis COD

Pada penelitian ini, kadar COD diukur selama kurang lebih 2 minggu. Analisis dilakukan di Laboratorium P3KLL Serpong. Hasil analisis COD dapat dilihat pada Tabel 2 dan Gambar 4.

Tabel 2 Hasil Analisis Parameter COD

Sampel	Konsentrasi (mg/L)		Efisiensi (%)	Baku Mutu (mg/L)
	Inlet	Outlet		
1	190	164	13,68	100
2	178	139	21,91	100
3	177	148	16,38	100
4	195	224	-14,87	100
5	225	166	26,22	100

Sumber: Aryantie et.al, 2018



Gambar 4. Hasil Analisis COD

Pada Tabel 2 dan Gambar 4 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan pada kadar BOD di *outlet*, tetapi tidak memenuhi baku mutu yang ditetapkan yaitu sebesar 100 mg/L. Dapat dilihat pada Tabel 4 bahwa hasil efisiensinya -14,87%, kemungkinan hasil itu didapatkan karena ada beban tinggi yang masuk di antara waktu 2 hari. Efisiensi penurunan kadar COD yaitu antara 16,38% sampai dengan 26,22%.

Efisiensi penurunan kadar BOD dan COD yang tidak memenuhi target baku mutu air limbah domestik ditinjau dari kinerja tanaman, penyebabnya adalah konsentrasi air limbah non kakus yang berfluktuasi, waktu pengamatan yang seharusnya lebih lama (Aryantie, et.al., 2018) dan jenis tanaman untuk media tanam IPAL tidak ditentukan (Hutubessy, Suarna, & Astarini., 2012). Waktu pengamatan dan jenis tanaman menjadi masukan untuk riset selanjutnya. Ada pun untuk mengantisipasi fluktuasi kualitas air limbah non kakus yang masuk, adalah dengan melakukan modifikasi pada *inlet*-nya. Salah satu yang dianggap kurang pula adalah kadar DO dalam air limbah non kakus, sehingga perlu penelitian lanjutan dengan penambahan aerator di bak *inlet* untuk meningkatkan kadar DO sebelum masuk ke lahan basah buatan.

5. SIMPULAN

Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar nilai BOD dan COD, meskipun belum memenuhi baku mutu air limbah domestik (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016). Penurunan yang terjadi dikarenakan air limbah mengalami kontak dengan tanah dan akar tanaman sehingga mikroorganisme dan akar tanaman mampu melakukan proses pengolahan limbah dengan efektif dan efisien. Dengan penurunan kadar kedua parameter tersebut, lahan basah buatan dapat dijadikan pilihan dalam pelayanan dasar lingkungan hidup untuk mengolah air limbah domestik permukiman di perkotaan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aryantie, M.H., Purwati, S.U., Hadisoebroto, R., Pitalokasari, O.D., dan Nugroho, U. (2018). *Pembangunan Demplot Biosanita: Peran Sanitasi Taman dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air untuk Mendukung Kebijakan Daerah. Tangerang Selatan. Tangerang Selatan.*
- Bright-Davies, L., Luthi, C., dan Jachnow, A. (2015). *DEWATS for Urban Nepal: A Comparative Assessment for Community Wastewater Management. Waterlines*, 34(2), 119-138. <https://doi.org/10.3362/1756-3488.2015.012>.
- Campbell, C.S dan Ogden, M. (1999). *Constructed Wetlands in the Sustainable Landscape*. John Wiley & Sons, Inc. Canada.
- Hutubessy, J., Suarna, I., dan Astarini, L. (2012). *Pertumbuhan Tanaman Bunga Kana (Canna indica L) dalam Menyerap Limbah Deterjen pada Berbagai Jenis Tanah. Ecotrophic: Journal of Environmental Science*, 7(2), 156-163. Retrieved from <https://ojs.unud.ac.id/index.php/ECOTROPHIC/article/view/13584>.
- Lindstrom, C. (2000). *Greywater Irrigation : Grey Waste Treatment*.
- Liu, Z., Wang, L., Zeng, F., dan Al-Hamadani, S. M. Z. F. (2015). *The Absorption and Enrichment Condition of Mercury by Three Plant Species*, 24(2), 887-891. Retrieved from <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer?vid=0&sid=b3f6ad93-ba47-4680-9670-45a141dfbb3b%40sdc-v-sessmgr04>
- Mustafa, A. (2013). *Constructed Wetland for Wastewater Treatment and Reuse: A Case Study of Developing Country. International Journal of Environmental Science and Development*, 4(1), 20-24. <https://doi.org/10.7763/IJESD.2013.V4.296>
- Okurut, T.O. (2000). *A Pilot Study on Municipal Wastewater Treatment Using a Constructed Wetland in Uganda*. Netherlands.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. 68 Tahun 2016. Indonesia: Ministry of Environment and Forestry. Retrieved from [http://neo.kemenperin.go.id/files/hukum/19PermenLHK th 2016 No. P.63 Baku Mutu Air Limbah Domestik.pdf](http://neo.kemenperin.go.id/files/hukum/19PermenLHK%20th%202016%20No.%20P.63%20Baku%20Mutu%20Air%20Limbah%20Domestik.pdf)

-
- Peraturan Pemerintah No. 38 Tahun 2007. Tentang Pembagian Urusan Pemerintahan Antara Pemerintah, Pemerintahan Daerah Provinsi, dan Pemerintahan Daerah Kabupaten/Kota (2007). Retrieved from [http://www.hukor.depkes.go.id/uploads/produk_hukum/PP No.38 Th 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan, Antara Pemerintah, Pemerintahan Provinsi dan Pemerintahan Kabupaten-Kota.pdf](http://www.hukor.depkes.go.id/uploads/produk_hukum/PP_No.38_Th_2007_tentang_Pembagian_Urusan_Pemerintahan_Antara_Pemerintah_Pemerintahan_Provinsi_dan_Pemerintahan_Kabupaten-Kota.pdf)
- Purwati, S.U., Aryantie, M.H., Harianja, A.H., & Hidayat, M.Y. 2017. *Penurunan Kandungan Pencemar Domestik di Sungai Ciliwung Melalui Pembangunan Sanitasi Taman (Sanita)*. Tangerang Selatan.
- Setiyanto, RA., Darundiati, YH., dan Joko, T., (2016), “Efektivitas Sistem Constructed Wetlands Kombinasi Melati Ai (*Echinodorus palaefolius*) dan Karbon Aktif dalam Menurunkan Kadar COD (Chemical Oxygen Demand) Limbah Cair Rumah Sakit Banyumanik Semarang, *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, Vol. 4(1):436-441.
- Tazkiaturrizki, (2016), Pengaruh Penambahan Glycine Max pada Penyisihan Nitrogen dalam Constructed Wetland Tipe Subsurface Horizontal Flow, *Jurnal Teknologi Lingkungan* Vol. 7 No. 3 Juni 2016, 117 – 124, DOI: <http://dx.doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v8i2.1422>
- Tchobanoglous, G. dan Burton, F.L. (1991). *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, reuse*. Series Aater Resource and Environmental Engineering 6th edition. Mc Graw Hill Book Co. Singapore
- Truong P, Claridge J. (1996). *Effect of heavy metals toxicities on vetiver growth*. Vetiver Network (TVN) Newsletter, 15. Bangkok, Thailand
- Truong, P. (1999). *Vetiver Grass Technology for Mine Rehabilitation*. Office of Royal Development Projects Board. Technical Bulletin 1999/2 (1999) 12. Bangkok.
- Truong, P. and Baker, D. (1998). Vetiver grass for stabilization of acid sulfate soil. In Proc. 2nd Nat. Conf. Acid Sulfate Soils. Coffs Harbour, Australia. (2) :196-198
- Truong, P. and Hart, B. (2001). *Vetiver System for Wastewater Treatment*. Pacific Rim Vetiver Network Technical Bulletin, No. 2001/2. Bangkok, Thailand. P.1-26.
- Va, Vandith, Ahmad Soleh Setiyawan, Prayatni Soewondo, Dyah Wulandari, Putri, (2018), The Characteristics of Domestic Wastewater from Office Buildings in Bandung, West Java, Indonesia *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*, p-ISSN 2579-9150; e-ISSN 2579-9207, Volume 1, Number 2, page 199 - 214, April 2018, DOI: <http://dx.doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v1i2.2826>
- Vymazal, J., (1995). *Algae and Element Cycling in Wetlands*. CRC Press, Boca Raton, Florida. 689p
- Wang, Y., Zhu, C., Yang, H., & Zhang, X. (2017). Phosphate Fertilizer Affected Rhizospheric Soil: Speciation of Cadmium and Phytoremediation by *Chlorophytum Comosum*. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(4), 3934-3939. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-8134-7>.